



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑰ Patentschrift
⑯ DE 195 40 108 C 2

⑮ Int. Cl. 6:
G 02 B 27/01
B 60 K 35/00
B 64 D 45/00
G 09 F 9/35

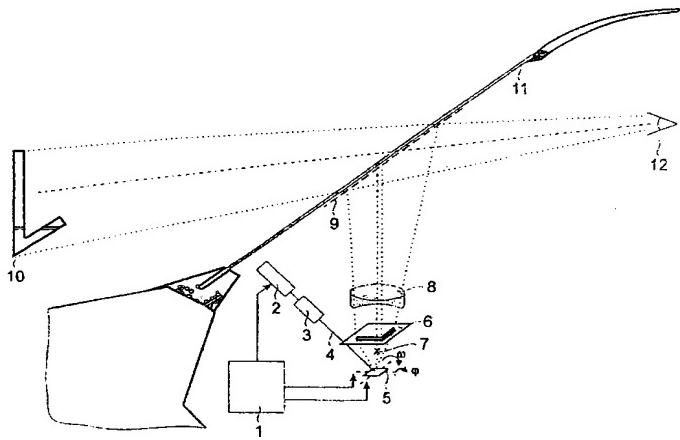
⑲ Aktenzeichen: 195 40 108.5-51
⑳ Anmeldetag: 27. 10. 95
㉑ Offenlegungstag: 30. 4. 97
㉒ Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 6. 8. 98

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉓ Patentinhaber:	㉔ Vertreter:	㉕ Erfinder:	㉖ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
LDT GmbH & Co. Laser-Display-Technologie KG, 07552 Gera, DE	Dr. Werner Geyer, Klaus Fehners & Partner, 80687 München	Deter, Christhard, 07546 Gera, DE	DE 69 0 09 15 8 T2 US 51 62 928 EP 02 10 088 B1

㉗ Vorrichtung zur Darstellung eines ersten Bildes in einem durch eine durchsichtige Scheibe sichtbaren zweiten Bild

㉘ Vorrichtung zur Darstellung eines ersten Bildes (6; 15; 18; 20) in einem zweiten Bild, das durch eine durchsichtige Scheibe (11) sichtbar ist, an der vom ersten Bild (6; 15; 18; 20) ausgehendes Licht (4, 15) reflektiert wird und die so angeordnet ist, daß das erste und das zweite Bild von einem Betrachter unter gleichem Blickwinkel erfaßbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Lichtquelle (3; 13; 15; 18; 20) für im wesentlichen paralleles Licht vorgesehen ist, mit der das vom ersten Bild (6; 15; 18; 20) ausgehende Licht im Kopfbereich des Betrachters als Lichtbündel mit geringer Aufweitung größer als die Kopfbreite und kleiner als 50 cm erzeugbar ist.



DE 195 40 108 C 2

DE 195 40 108 C 2

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Darstellung eines ersten Bildes in einem zweiten Bild, das durch eine durchsichtige Scheibe sichtbar ist, an der vom ersten Bild ausgehendes Licht reflektiert wird und die so angeordnet ist, daß das erste und das zweite Bild von einem Betrachter unter gleichem Blickwinkel erfassbar sind.

Derartige Vorrichtungen sind beispielsweise in Flugzeugen und Autos einsetzbar. Dabei repräsentiert das zweite Bild die z. B. durch die Windschutzscheibe sichtbare Umgebung. Als erstes Bild können, beispielsweise für den Flugbetrieb, Marken in den Sichtbereich des Fahrzeugführers über die Windschutzscheibe als virtuelle Bilder dargestellt werden, mit denen Orientierungshilfsmittel zum Starten und Landen gegeben werden. Auch für andere Fahrzeuge, wie Autos, ergeben sich bei Einsatz derartiger Vorrichtungen wesentliche Vorteile. So kann man mit Hilfe des ersten Bildes z. B. eine Marke für den Sicherheitsabstand sichtbar machen, mit welcher der Fahrzeugführer abschätzen kann, ob er einem vor ihm fahrenden Fahrzeug zu nahe kommt. Dabei ist es möglich, die scheinbare Entfernung dieser Marke mit der Geschwindigkeit zu koppeln, so daß der Fahrzeugführer jeweils kontrollieren kann, ob er zum vorausfahrenen Fahrzeug einen ausreichenden Sicherheitsabstand einhält.

Weiter kann man auch wesentliche Informationen der Anzeigengeräte in den Sichtbereich des Fahrers einblenden, so daß er das Fahrzeug wesentlich besser unter Kontrolle behält, als wenn er ständig den Blick zwischen Umgebung und Armaturenbrett hin- und herwenden muß, wodurch die Betriebs- und Fahrsicherheit wesentlich gesteigert wird.

Es gibt eine Vielzahl von Systemvorschlägen für derartige Vorrichtungen, die auch unter dem Namen "Head-Up Displays" (HUD) bekannt sind. Bei diesen hat es sich als wichtig herausgestellt, daß, um Ermüdungserscheinungen zu verringern, die Information des ersten Bildes als virtuelles Bild akkommodationsfrei bei auf Fernsicht eingestelltem Auge abgebildet wird. Zur Abbildung als virtuelles Bild in großer Entfernung wird das Objekt, welches das erste Bild darstellt und das beispielsweise ein Liquid Chrystal Display (LCD) sein kann, zwischen den Brennpunkt und den ersten Linsenscheitl eines Abbildungssystems gebracht. HUD-Systeme mit einem Laser, einem Laser-Array oder Dioden-Array als Lichtquelle sowie Deflektoren zur Strahlablenkung, einer Streuscheibe und einer Reflexionsschicht sind beispielsweise aus der US 5,162,928, EP 0 210 088 B1 sowie der DE 690 09 158 T2 bekannt. Die dort beschriebenen HUDs waren aber nicht praxisgerecht, weil es ihnen vor allem an zu geringer Lichtintensität des beobachtbaren Bildes mangelt.

In den vergangenen zwanzig Jahren wurden weltweit eine Vielzahl von Schutzrechten auf HUDs für Kraftfahrzeuge getätig. In Europa befinden sich diese Systeme allerdings noch im Entwicklungs- bzw. Erprobungsstadium. Dabei sind im wesentlichen Systeme mit holografischer Optik und solche ohne holografische Optik zu unterscheiden. Einen Überblick über ersteren kann man z. B. in dem Artikel von Woodcock und Kirkham, "Holographic Applications in Avionic HUDs", Military Technology Miltech (1985), S. 6, finden.

In Systemen ohne holografischer Darstellung, wie sie beispielsweise aus der EP-A-0 202 460 oder der US 4 740 780 bekannt sind, wird entweder ganz auf eine Abbildungsoptik verzichtet oder es wird mit konventioneller Glasoptik, beispielsweise gemäß der GB 2 203 855 A, und mit Hilfe eines Bildgenerators ein virtuelles Bild erzeugt. In den einfach-

sten Systemen wird die Information, die als erstes Bild auf einem verdeckten LCD dargestellt wird, lediglich auf die Windschutzscheibe eines Fahrzeugs projiziert. Bei diesen HUDs ergibt sich zwar der Vorteil, daß der Fahrer seine Blickrichtung nicht verändern muß, um die angezeigte Information zu erkennen, er muß jedoch zum Ablesen seine Augen auf die kurze Distanz zur Windschutzscheibe einstellen. Die wechselnde Akkommodation der Augen auf Fernsicht zum Erfassen des Umfeldes und auf die Windschutzscheibe führt insbesondere bei älteren Fahrern zu Ermüdungserscheinungen und damit zu Reaktionsverlusten.

Bei Systemen mit virtueller Bilddarstellung einige Meter vor der Windschutzscheibe kann das entspannte Auge jederzeit die Information ablesen; unnötige Ermüdungserscheinungen werden so vermieden. Jedoch treten durch die Reflexion des Lichtes an der asphärisch gekrümmten Windschutzscheibe insbesondere bei virtueller Bilddarstellung Abbildungsfehler auf, die durch speziell berechnete Optiken korrigiert werden müssen. Wie aus der DE 26 33 067 C2 zu entnehmen ist, ist die Herstellung und Berechnung dieser Kompensationsoptik sehr aufwendig und im Hinblick auf Fertigungstoleranzen schwierig herzustellen. Wegen des großen Raumbedarfs von konventionellen optischen Systemen treten zudem Integrationsprobleme auf.

Insbesondere sind für einen Einsatz von HUDs in Fahrzeugen die folgenden Fragen zu klären:

- Wie hoch ist der Raumbedarf für ein System bzw. ist dieses in ein Fahrzeug integrierbar?
- Kann vom Fahrzeug genügend Leistung für Lichtquelle und Bildgenerator zur Verfügung gestellt werden?
- Wie hoch sind die Herstellungskosten?

Diese Fragen müssen bereits bei der Konzeption berücksichtigt werden. Nachfolgend werden zwei HUDs beschrieben, die von ihrer Konzeption her sehr unterschiedlich sind:

Im ersten System, das von der Holtronic GmbH Ottersberg in Zusammenarbeit mit BMW, München, entwickelt wurde, wird auf einen sogenannten separaten Combiner in der Windschutzscheibe zur Kombination des ersten und des zweiten Bildes verzichtet, um die Freisicht zur Außenwelt nicht zu beeinträchtigen. Dieses System ist z. B. in der DE 37 12 663 A1 beschrieben. Danach kann das abbildende Element ein holografisch-optisches Element (HOE) im Transmissionsbetrieb (Transmissions-HOE, T-HOE) sein, das in die Armaturentafel des Kraftfahrzeugs integriert ist.

Die bei dieser Lösung wesentlichen Bauteile sind eine Lichtquelle, ein Bildgenerator und das T-HOE, das mehrere Funktionen übernimmt. Es lenkt den Lichtstrahl in der gewünschten Richtung auf die Windschutzscheibe, erzeugt ein vergrößertes virtuelles Bild des Objektes in einigen Metern Entfernung vor der Windschutzscheibe und kompensiert die Fehler, die durch die Reflexion des Lichts an der Windschutzscheibe entstehen.

Dabei gibt es unterschiedliche Möglichkeiten, um die Information optisch anzubieten. Bei der virtuellen Darstellung von Instrumenten oder Symbolen, die zum Beispiel einen Defekt in der Elektronik anzeigen sollen, ist eine ortsfeste Abbildungsebene ausreichend. Bei anderen Informationsdarstellungen, beispielsweise die Darstellung eines ortsbabhängigen Objektes, wie die Anzeige des oben genannten Sicherheitsabstands, ist eine variable Entfernungsdarstellung sinnvoll. Sie kann auf verschiedene Arten realisiert werden.

Auf holografischem Wege lassen sich feste Symbole durch ein sogenanntes Multihologramm in unterschiedlicher Entfernung als dreidimensionales Bild darstellen. Ein sol-

ches Hologramm besteht aus einer Vielzahl von einzelnen Hologrammen, die dasselbe Objekt in unterschiedlicher Entfernung rekonstruieren. Zur gezielten Beleuchtung jedes einzelnen Hologramms ist jedoch eine Verstelleinrichtung erforderlich. Eleganter ist dagegen die Abbildung mit einem stereoskopischen Strahlengang, da hierbei die Bildgenerierung beliebiger geändert werden kann. Diese Methode ist bei dem oben genannten HUD realisiert worden.

Der räumliche Bildeindruck entsteht bei dem stereoskopischen Verfahren durch die binokulare Parallaxe, wenn dem linken und dem rechten Auge der jeweils zugehörige, leicht unterschiedliche Aspekt eines Objekts angeboten wird. Die Verschiebung im Raum wird durch die Generierung zweier Bilder des darzustellenden Gegenstands aus dem entsprechenden Schinkel der Augen unter Berücksichtigung der Konvergenz bzw. der Objektgröße erreicht. Die Abbildungsebene (Bildecke) bleibt dabei ortsfest. Das HUD besteht also aus zwei optischen Kanälen mit jeweils einem Bildgenerator. Die Information jedes einzelnen Bildes gelangt in je ein Auge. Das Gehirn läßt dann beide Teilbilder zu einem Gesamtbild zusammenschmelzen.

Prinzipiell sind wegen der Möglichkeit, Informationen variabel darzustellen, Displays erwünscht, mit denen sich die im ersten Bild dargestellten Symbole elektronisch erzeugen lassen. Hierfür eignen sich Bildröhren und LCDs. Bildröhren sind jedoch wegen des hohen Preises und der Spannungsversorgungseinheit zur Erzeugung von Hochspannung für den Kraftfahrzeubereich nicht praktikabel. LCDs hingegen besitzen eine kompakte Bauweise, sind relativ problemlos anzusteuern und ihre Spannungsversorgung ist ebenfalls unproblematisch. Nachteilig wirken sich die nicht ausreichende Leuchtdichte, der geringe Kontrast, der von der Wellenlänge und von der Polarisation des eingestreuten Lichts abhängig ist, die Temperaturempfindlichkeit und das geringe Auflösungsvermögen aus.

Letzteres stelle ein Hauptproblem für den Einsatz in einem Kraftfahrzeug dar. Gegenwärtig besitzen geeignete LCDs eine Pixelgröße von mehr als 0,3 mm. Bei einem Vergrößerungsfaktor von 50 sieht der Fahrer die Pixel mit einer Größe von 15 mm. Der Abstand der Pixel ist rund 10% größer als die Pixel selbst. Das unerwünschte Bild der Pixelmatrix ist daher aus einer Entfernung von 10 bis 15 m noch gut sichtbar. Mit dieser Pixelgröße lassen sich nur relativ große Entfernungssprünge exakt darstellen, da zwar die Größe der Symbole richtig generiert werden kann, die Abstandssprünge der zu generierenden Symbole (Querdisparation) wegen der Pixelgröße insbesondere bei großen Entfernungen sehr groß ist. Man muß den Kompromiß eingehen, daß das Bild bei jeder scheinbaren Bildentfernung zwar die richtige Größe besitzt, die Querdisparation wegen der geringen Auflösung aber nur für bestimmte Entfernungen richtig eingestellt werden kann. Bezuglich des Einsatzes von LCDs für dieses System im Kraftfahrzeubereich läßt sich zusammenfassend sagen, daß sowohl das Auflösungsvermögen als auch der Kontrast sowie die Temperaturstabilität verbessert werden müßten.

Die eingangs genannten T-HOEs haben die Eigenschaft, weißes Licht in seine Spektralanteile zu zerlegen. Die Abbildung über ein T-HOE bei Einstrahlung mit weißem Licht würde zu einer Verschmierung des Bildes aufgrund derartiger chromatischen Fehler führen. Diese chromatischen Fehler lassen sich zwar in einem Wellenlängenbereich von rund 100 nm durch eine Kombination mehrerer HOEs kompensieren, setzt man jedoch nur ein HOE ein, so ergibt sich die Forderung nach einer schmalbandigen Lichtquelle mit einer unrealistischen Forderung von $Dk < 10 \text{ nm}$. Darüber hinaus müßte die Lichtquelle eine möglichst hohe Leuchtdichte besitzen, so daß der Beobachter bei hellem realen Hintergrund

noch das Display erkennen kann; die erforderliche Leuchtdichte der Lichtquelle läßt sich aus der Leuchtdichte am Ort des Beobachters und dem Wirkungsgrad des optischen Systems bestimmen.

Ein weiterer Faktor für die Eignung einer Lichtquelle ist ihre Größe und Aufnahmefähigkeit. Lichtquellen, die 100 W und mehr verbrauchen, sind nicht nur wegen der hohen Leistung, sondern auch wegen der hohen Wärmezeugung unpraktikabel. Des Weiteren darf eine Lichtquelle keine große Verzögerungszeit ($t < 10 \text{ s}$) zwischen Ansteuerphase und Betriebsphase aufweisen, damit Warnsymbole möglichst direkt angezeigt werden können.

In dem Artikel von W. Windeln und M. A. Beeck "Windschutzscheibe mit holografischem Spiegel für Head-Up Displays", Automobiltechnische Zeitschrift 91 (1989), S. 538–542, ist ein anderes System angegeben, das von der Volkswagen AG, Wolfsburg, in Zusammenarbeit mit der Vereinigten Glaswerke GmbH, Aachen, entwickelt wurde. In diesem System wird ein in die Windschutzscheibe integrierter holografischer Combiner eingesetzt. Auf einem LCD wird die gewünschte Information erzeugt, die mit Hilfe einer Abbildungslinse bei fester Darstellungsebene erscheint. Durch den Einsatz des Combiners wird ein hoher Wirkungsgrad des Gesamtsystems erreicht. Wie anfangs beschrieben, lassen sich die Anforderungen an einen Combiner (hohe Transmission, hoher Wirkungs- und Reflexionsgrad, geringe spektrale Bandbreite und gute Abbildungsqualität) nur durch einen holografischen Combiner erfüllen. Als holografisches Speichermedium eignen sich derzeit nur die Dichromat-Gelatine (DCG) Schichten, die auch in Flugzeugen langjährig Verwendung finden. Ein anderes Material, das für diesen Zweck ebenfalls interessant sein könnte, sind die Photopolymere. Hier sind besonders die von Polaroid, Offenbach, (mit Naßentwicklung) und die von Du Pont Wilmington, USA, erwähnenswert. Letztere benötigen keinen aufwendigen Naßentwicklungsprozeß mit giftigen Chemikalien. Durch eine einfache diffuse Nachbelichtung und anschließende Wärmebehandlung ist das Hologramm fertig entwickelt und fixiert. Die Photopolymere sind allerdings noch in der Entwicklungsphase, das heißt, noch nicht im Handel erhältlich.

Ein Großteil der Entwicklungsanstrengungen konzentrierte sich auf die industrielle Herstellung des Combines und dessen Integration in die Windschutzscheibe.

Das Verzerren des virtuellen Lichtbilds läßt sich prinzipiell ebenfalls durch den Combiner korrigieren. Als Lichtquelle für das Display dient ein schmalbandiger grüner Phosphor, durch den in Verbindung mit dem Combiner die chromatischen Abbildungsfehler unterdrückt werden.

Den vorstehend aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen haftet folgender grundlegender Mangel an: Durch LCD-Anzeigen bzw. hinterleuchtete Anzeigendisplays oder auch Kathodenstrahleröhren wird die erforderliche Leuchtdichte im Gesichtsfeld des Fahrzeugführers nicht erreicht, weil die Vorrichtung auch gegen greelles Sonnenlicht betreibbar sein muß. Insbesondere die zur Spiegelung des Anzeigeelements eingesetzten Hologramme besitzen weiter die sehr unangenehme Eigenschaft, daß sie bei Beleuchtung mit breitbandigem Licht im sichtbaren Bereich und in den Regenbogenfarben erscheinen.

Zur Erhöhung der Lichtintensität wird in der DE 38 22 222 A1 vorgeschlagen, Polarisationsfilter an der Innenseite der Windschutzscheibe anzubringen und das erste Bild direkt über eine Optik als virtuelles Bild an der Windschutzscheibe zu reflektieren. Damit kann zum Beispiel greelles Sonnenlicht gedämpft werden, so daß das erste Bild besser sichtbar ist. Weiter haben diese Polarisationsfilter den Vorteil, daß Doppelbilder und störende Reflexion auf

der Windschutzscheibe vermieden oder zumindest vermindert werden. Die Praxis hat jedoch gezeigt, daß auch diese Lösung keine genügend hohe Lichtintensität für das erste Bild bei gleichzeitiger Sichtbarkeit des taghellen zweiten Bildes zur Verfügung stellt.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine gattungsgemäße Vorrichtung zu schaffen, bei der das erste Bild gegenüber dem zweiten Bild genügend Leuchtkraft besitzt. Dabei soll insbesondere auch noch ein einfacher und kostengünstiger Aufbau möglich sein.

Diese Aufgabe wird ausgehend von einer Vorrichtung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß mindestens eine Lichtquelle für im wesentlichen paralleles Licht vorgesehen ist, mit der das vom ersten Bild ausgehende Licht im Kopfbereich des Betrachters als Lichtbündel größer als der Kopfbereich und kleiner als 50 cm mit geringer Aufweitung erzeugbar ist.

Bei der Erfindung wird auf einen holografischen Combiner verzichtet, der die störenden Regenbogenfarben und die verschlechterte Auflösung verursacht. Das erste und das zweite Bild werden einfach auf einer Scheibe, die zum Beispiel die Windschutzscheibe sein kann, kombiniert. Dies ist wenig aufwendig und gestattet auch eine klare Darstellung des ersten Bildes.

Damit ergibt sich eine ähnliche Anordnung, wie sie aus der DE 38 22 222 A1 bekannt ist. Sie unterscheidet sich aber von dieser im wesentlichen durch die Lichtquelle mit im wesentlichen parallelen Licht, die garantiert, daß die gesamte erzeugte Lichtleistung über die Scheibe zum Fahrer reflektiert werden kann. Eine Polarisationseinrichtung ist dabei nicht mehr unbedingt erforderlich.

Aufgrund der erfundungsgemäß geringen Aufweitung des vom ersten Bild ausgehenden Lichts ist das Lichtbündel auch nur vom Fahrer innerhalb eines Bereiches, in dem er seinen Kopf bewegen kann, erfaßbar; störende Lichtreflexe und Lichterscheinungen für andere Verkehrsteilnehmer oder Beifahrer entfallen damit.

Aus dieser Betrachtung wird deutlich, daß die Aufweitung des Lichtbündels, eventuell nach Transmission einer oder mehrerer optischer Systeme im Bereich des Fahrers, maximal im Bereich von 30 bis 50 cm liegen sollte, damit einmal das erste Bild unabhängig von der Position des Kopfes des Fahrers gut erkennbar ist und andererseits die Aufweitung des Lichtbündels gering genug ist, damit es den Fahrer mit optimaler Lichtintensität erreicht. Mit einer Strahlauflaufweitung von kleiner als $\pm 7^\circ$ wurden in der Praxis gute Ergebnisse erzielt.

Bei einer vorzugsweisen Weiterbildung der Erfindung ist eine Bildfläche des ersten Bildes in Segmente unterteilt, die zur Emission des Lichtbündels geringer Aufweitung oder zur Reflexion oder Transmission des Lichts von der mindestens einen Lichtquelle vorgesehen sind und die zur Formierung des ersten Bildes bezüglich Emission, Transmission oder Reflexion ansteuerbar sind.

Mit Hilfe solcher Segmente wird die Information zur Erzeugung des ersten Bildes auf das oder die Lichtbündel geringer Aufweitung aufgeprägt. Hierfür sind mehrere Möglichkeiten beschreibbar: zunächst sei die vorteilhafte Möglichkeit genannt, daß die Segmente selbst das Lichtbündel emittieren. Dazu kann man vorzugsweise die Segmente als Laserdioden ausbilden. Diese erzeugen das erfundungsgemäß im wesentlichen parallele Lichtbündel mit einer entsprechend großen Intensität, damit sich das projizierte erste Bild genügend gut von dem zweiten Bild abhebt. Eine andere ebenfalls bevorzugte Möglichkeit, zur Formung dem parallelen Licht der Lichtquelle mittels Reflexion oder Transmission die Information des ersten Bildes aufzuprägen, gestattet in ähnlicher Weise eine große Intensität des er-

sten Bildes im Vergleich zum zweiten Bild, wobei durch die Ansteuerbarkeit der Segmente auch noch verschiedene Bildinhalte darstellbar sind.

Die Segmente könnte man beispielsweise für die Darstellung numerischer Information als Siebensegmentanzeigen ausbilden. Besonders vorteilhaft ist es jedoch gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung, wenn die Segmente in Form einer Matrix angeordnet sind. Dadurch lassen sich wesentlich größere Informationsdichten ausnutzen, die beispielsweise dazu verwendet werden können, im ersten Bild auch Grafiken darzustellen.

Besonders gut läßt sich die Transmission bei einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung dann ausnutzen, wenn die Matrix eine LCD-Matrix ist.

Ähnliche Vorteile wie bei der Transmission lassen sich auch dann erreichen, wenn ein oder mehrere Spiegel vorgesehen sind, die das von der mindestens einen Lichtquelle erzeugte Lichtbündel zur Formung des Bildes reflektieren. Insbesondere ist es dabei vorteilhaft, wenn mit Hilfe der Reflexion das von der mindestens einen Lichtquelle erzeugte Lichtbündel vollständig auf die Scheibe gerichtet werden kann, wobei Lichtverluste, z. B. aufgrund einer Polarisation in der LCD-Matrix, vermieden werden. Die Lichtintensität ist somit ebenfalls auf einfache Weise erhöht.

Der Aufwand an Spiegeln läßt sich gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung besonders gering halten, wenn zwei Spiegel vorgesehen sind, mit denen das Lichtbündel in zwei Richtungen ablenkbar ist.

Der Aufwand für die Bilderzeugung ist dabei, etwa gegenüber einer Pixelmatrix aus Spiegeln, stark verringert. Weiter steht die Lichtintensität des gesamten Lichtbündels, weil das erste Bild mittels einer Ablenkung von diesem erzeugt wird, mit voller Intensität zur Verfügung.

Dieser Vorteil macht sich insbesondere dann bemerkbar, wenn die Spiegel gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung durch eine Ablenkeinrichtung, mit der das erste Bild als Vektorgrafik darstellbar ist, unabhängig voneinander winkelveränderbar sind. Bei einer Vektorgrafik werden nur die Punkte abgetastet, die als beleuchtete Punkte erfaßbar sein sollen. Dunkeltastzeiten sind auf ein Minimum reduziert, so daß praktisch die volle Lichtintensität der primären Lichtquelle zur Darstellung des ersten Bildes ausgenutzt wird.

Gemäß einer anderen bevorzugten Weiterbildung der Erfindung werden eine Ablenkeinrichtung, mit der das von der mindestens einen Lichtquelle ausgehende Lichtbündel in zwei Richtungen rasterbar ist, und eine Steuerung vorgesehen, mit der die Intensität des Lichtbündels steuerbar ist.

Dabei macht man sich die Abbildung über ein gleichmäßiges Raster zunutze, wie sie beispielsweise aus der Darstellung von Fernsehbildern bekannt ist. Damit lassen sich besonders schöne Bilder darstellen, was den Fahrkomfort erhöht und ebenfalls zu einer höheren Fahrsicherheit führt.

Die Ablenkung kann beispielsweise mit Hilfe akustooptischer Modulatoren durchgeführt werden. Man kann sich aber die Vorteile der obigen Weiterbildung der Erfindung mittels Ablenkung des Lichtbündels über zwei Spiegel zunutze machen. Insbesondere ist deshalb bei einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, daß einer der Spiegel ein mit gleichmäßiger Umlaufgeschwindigkeit rotierender Polygonspiegel ist, wodurch sich sehr schnelle Ablenkungen verwirklichen lassen und ein Flimmern des Bildes vermieden wird. Weiter ergeben sich aufgrund der Trägheit des rotierenden Spiegels auch nur geringe Gleichlaufungenauigkeiten, was vor allem beim Betrieb im Kraftfahrzeug, bei dem die Vorrichtung auch Stößen und Schwingungen ausgesetzt ist, wesentliche Vorteile mit sich bringt.

Die vorgenannten Vorteile der Erfindung und deren Wei-

terbildungen sind insbesondere dann mit wenig Aufwand erreichbar, wenn gemäß einer weiteren vorzugsweisen Ausgestaltung der Erfindung die mindestens eine Lichtquelle ein LED mit parallelisierender und kollimierender Optik ist. Gegenüber den übrigen Dimensionen im Kraftfahrzeug kann ein LED als im wesentlichen punktförmig betrachtet werden, so daß mit Hilfe einer solchen Optik die Aufweitungserfordernisse in einfacher Weise erfüllt werden können, ohne daß ein Lichtverlust durch das Kollimieren die Intensität wesentlich verringert.

Mögliche Verluste durch das Kollimieren können sogar vollständig vermieden werden, wenn mindestens eine der Lichtquellen ein Laser ist. Ein Laser erzeugt schon von vornherein einen hochparallelen Strahl, der den Anforderungen bezüglich der Aufweitung vollständig genügt.

In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist der Laser eine Laserdiode oder enthält diese als Pumpquelle. Laserdioden erzeugen schon eine hohe Lichtleistung bei Spannungen, die wesentlich geringer als die Spannung einer Autobatterie ist. Man benötigt dann also keine aufwendige Elektronik, wie beispielsweise eine Hochspannungsversorgung bei Verwendung eines Gaslasers.

Insbesondere lassen sich gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung hohe Intensitäten erreichen, wenn der Laser ein diodengepumpter Festkörperlaser ist. Gemäß einer weitergehenden bevorzugten Weiterbildung der Erfindung sind für den diodengepumpten Festkörperlaser auch Einrichtungen zur Frequenzkonversion vorgesehen. Mit den Einrichtungen zur Frequenzkonversion läßt sich immer eine Wellenlänge so auswählen, beispielsweise im Grünbereich, wo die Augenempfindlichkeit sehr hoch ist oder im Rotbereich, der vom Menschen immer als Warnung aufgefaßt wird, ohne daß man auf die Auswahl diodengepumpter Festkörperlaser bezüglich hoher Intensität wesentlich eingeschränkt ist. Aufgrund dieser Merkmale lassen sich also besonders hohe Lichtintensitäten mit wenig Aufwand für die primäre Lichtquelle erzielen.

Gemäß einer anderen vorzugsweisen Weiterbildung der Erfindung ist das vom ersten Bild ausgehende Licht polarisiert. Dazu kann man gemäß einer weiterführenden Weiterbildung der Erfindung mindestens ein Polarisationsfilter vorsehen oder einen ein polarisierendes Licht aussendenden Laser verwenden. Die Vorteile der Verwendung polarisierten Lichtes werden vor allem auch aus der DE 38 22 222 A1 deutlich, die vorstehend schon beschrieben wurde. Im Unterschied zu der dort dargestellten Erfindung ist hier aber die Lichtquelle selbst polarisiert, so daß aufgrund einer zusätzlichen Polarisation, zur Verminderung von Reflexen oder zur Dämpfung des Lichts des zweiten Bildes für das erste Bild bei entsprechender Einstellung der Polarisationsrichtung keine Lichtverluste auftreten.

Der Vorteil der Verwendung polarisierten Lichtes macht sich insbesondere bei einer Weiterbildung der Erfindung bemerkbar, bei der die Lichtquelle so angeordnet ist, daß das vom ersten Bild ausgesandte Licht an der Scheibe etwa unter dem Brewsterwinkel einfällt. Beim Brewsterwinkel wird das polarisierte Licht vollständig reflektiert, so daß die volle Intensität des im wesentlichen parallelen Lichtbündels beim Fahrzeugführer zur Beobachtung des ersten Bildes zur Verfügung steht. Die Lichtintensität ist damit optimal, ohne daß zusätzliche Polarisatoren, beispielsweise an der reflektierenden Scheibe, vorgesehen werden müssen.

Ähnliche Vorteile wie bei den Polarisatoren ergeben sich dann, wenn die Scheibe gemäß einer vorzugsweisen Weiterbildung der Erfindung mit einer Schicht versehen ist, an der das erste Bild vollständig reflektierbar ist, da auch dann die gesamte Intensität, die vom ersten Bild ausgesandt wird, am Ort des Fahrzeugführers zur Erfassung des ersten Bildes zur

Vergfügung steht.

Besonders einfach läßt sich dies verwirklichen, wenn gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung die Schicht eine dielektrische Schicht ist oder diese enthält und die das erste Bild vollständig reflektiert. Dielektrische Schichten zur vollen Reflexion sind aus dem Stand der Technik beispielsweise zur Vergütung von Linsen bekannt. Während aber bei der Vergütung von Linsen eine hohe Transmission erreicht werden soll, ist hier zu beachten, daß die Schichtdicken aufgrund der optischen Parameter des Schichtmaterials so dimensioniert werden, daß maximale Reflexion auftritt. Insbesondere ist in diesem Zusammenhang interessant, daß man bei einer einzigen Wellenlänge des ersten Lichtes, wie es zum Beispiel bei dem Einsatz eines Lasers gegeben ist, nur eine einzige dielektrische Schicht vorsehen muß, deren Schichtdicke auf den Winkel zum einfallenden Licht so ausgelegt ist, daß transmittierte Strahlen sich durch Interferenz auslöschen.

Der Vorteil von reflektierenden Schichten ist auch dann besonders einfach zu verwirklichen, wenn das vom ersten Bild ausgehende Licht polarisiert ist und gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung die Schicht auf der Scheibe eine polarisierende Schicht ist oder eine polarisierende Teilschicht enthält.

Bei einer anderen bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist die Schicht auf der dem zweiten Bild abgewandten Seite der Scheibe aufgebracht. Dadurch werden vorteilhaftweise Doppelbilder aufgrund unterschiedlicher Reflexion an der Vorder- und Rückseite der Scheibe, wie sie auftreten würden, wenn die Schicht auf der dem ersten Bild abgewandten Seite angebracht wäre, vermieden. Dadurch ergibt sich eine besonders klare Bilddarstellung, so daß auch aufgrund dieser Weiterbildung die Lichtintensität des ersten Bildes für den Betrachter optimiert wird. Die klarere Bilddarstellung verringert auch die Belastung des Fahrers, so daß die Verkehrssicherheit aufgrund geringerer Ermüdung erhöht ist.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist die Schicht ein Verbund aus mehreren Einzelschichten. Bei Vorsehen mehrerer Einzelschichten läßt sich das Reflexionsverhalten auf ein breites Wellenlängenspektrum der Lichtquelle auslegen. Beim Verbund, beispielsweise im Verbundglas einer Windschutzscheibe, ergibt sich fertigungstechnisch ein besonders geringer Aufwand.

Bei einer anderen bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist die Schicht so ausgelegt, daß sie Licht des zweiten Bildes ungehindert durchläßt. Damit wird die Sichtbarkeit der Umgebung für den Fahrer nicht beeinträchtigt. Dies ist insbesondere für Nachtfahrten vorteilhaft, bei denen die Sicherheit aufgrund schlechter Lichtverhältnisse sowieso beeinträchtigt ist. Deshalb sollte gerade für diesen Zweck durch die zusätzliche Schicht keinerlei Dämpfung des aus der Umgebung einfallenden Lichts stattfinden.

Die vorangehend mehrfach erwähnte Scheibe kann beispielsweise die Windschutzscheibe selbst sein. Deren Biegung ist aber im allgemeinen aufgrund von Designentscheidungen und möglichst geringer Luftreibungsverluste bei der Fahrt gekrümmt, so daß das erste Bild im allgemeinen bezüglich der durch diese Krümmung entstehenden Verzerrungen korrigiert werden muß. Diesen Verzerrungen kann man beispielsweise durch geeignete Darstellung des ersten Bildes entgegenwirken.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist jedoch eine besondere Scheibe vorgesehen, die in einem Fahrzeug zwischen einer Windschutzscheibe und dem Platz eines Fahrzeugführers angeordnet ist. Damit kann man die Form der Scheibe zur Abbildung des ersten Bildes geeignet dimensionieren. Insbesondere ist eine plane Scheibe bezüg-

lich des Aufwandes vorteilhaft, da für diese keine Sonderanfertigung benötigt wird.

Die Anordnung zwischen Windschutzscheibe und dem Platz des Fahrzeugführers ist insbesondere deswegen vorteilhaft, da eventuelle unerwünschte Reflexionen oder Lichtverluste an der Windschutzscheibe vermieden werden. Außerdem befindet sich die Scheibe auch im Innenraum des Fahrzeugs. Dies hat den weiteren Vorteil, daß Wetterbedingungen keinen Einfluß auf die Sicht haben. Eine Kondensation von Nebel oder anhaftende Tropfen bei Regen könnte dagegen die Sichtbarkeit des ersten Bildes bei einer Anordnung der Scheibe außerhalb des Fahrzeugs stark beeinträchtigen.

Bei einer anderen bevorzugten Weiterbildung der Erfahrung emittiert die Lichtquelle Lichtbündel dreier verschiedener Wellenlängen. Damit lassen sich auch farbige Bilder im ersten Bild darstellen, wodurch der Informationsgehalt erhöht werden kann, was es aber auch gestattet, die im ersten Bild dargestellte Information ästhetisch besonders angenehm zu gestalten. Dies erhöht den Fahrkomfort und trägt aufgrund der geringeren nervlichen Belastung durch die Zusatzinformation zur Sicherheit beim Fahren bei. Weiter ermöglicht die farbige Darstellung, beispielsweise die Anzeige von Warnsignalen in Rot und statische Information beispielsweise in dem Fahrer angenehmen Grün zu zeigen. Auch die Anzeige von eingeschaltetem Fernlicht, für die in Deutschland ein blaues Licht vorgeschrieben ist, ist gemäß dieser Weiterbildung ohne Probleme innerhalb des ersten Bildes möglich.

Bei einer anderen bevorzugten Weiterbildung der Erfahrung ist zwischen der Scheibe und dem ersten Bild ein abbildendes optisches System vorgesehen. Mit Hilfe eines derartigen optischen Systems lassen sich virtuelle Bilder in großer Entfernung darstellen, was vor allen Dingen für die Adaptionsfähigkeit des Auges des Fahrers besonders vorteilhaft ist. Insbesondere läßt sich ein virtuelles Bild in großer Entfernung dann besonders vorteilhaft erzielen, wenn das erste Bild innerhalb der objektseitigen Brennweite des optischen Systems abgebildet wird.

Die Erfahrung wird nachfolgend anhand der Zeichnung beispielshalber noch näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein erfahrungsgemäßes Ausführungsbeispiel zur Erläuterung wesentlicher Züge der Erfahrung;

Fig. 2 eine schematische Darstellung für ein Ausführungsbeispiel, in der das erste Bild durch eine Matrix auf einer Streuscheibe dargestellt wird;

Fig. 3 eine schematische Darstellung für ein farbiges erstes Bild;

Fig. 4 eine Ausführungsform mit einer Matrix aus Laserdioden;

Fig. 5 ein Ausführungsbeispiel mit einem LED-Array und einem Polarisationsfilter;

Fig. 6 eine prinzipielle Anordnung für eine Matrix zur Darstellung eines farbigen ersten Bildes;

Fig. 7 eine schematische Darstellung zur Bilderzeugung mit zwei nacheinander angeordneten beweglichen Spiegeln für ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfahrung;

Fig. 8 eine Windschutzscheibe mit innenliegenden Reflexionsschichten.

Die in **Fig. 1** gezeigte Vorrichtung weist eine Steuereinrichtung 1 auf, welche die zur Symboldarstellung erforderlichen Daten erzeugt. Ein Ausgang der Steuereinrichtung 1 ist mit dem Eingang einer Steuerelektronik 2 verbunden, mit der eine Lichtquelle 3 zur Erzeugung eines im wesentlichen parallelen Lichtbündels 4 angesteuert wird. Die Lichtquelle war im Anwendungsbeispiel ein diodengepumpter Festkörperlaser mit Frequenzkonversion, um Licht mit einer Wellenlänge im Maximum der Augenempfindlichkeit zu erzeu-

gen.

Das im wesentlichen parallele Lichtbündel 4 fällt auf einen Spiegel 5 auf, von dem aus es in Richtung einer Streuscheibe 6 reflektiert wird. Der Spiegel 5 ist zur Auslenkung des Lichtbündels um zwei Achsen schwenkbar. Die entsprechenden Drehwinkel sind in **Fig. 1** mit x und z bezeichnet.

Die um die Winkel x und z erfolgenden Schwenkbewegungen werden ebenfalls von der Steuereinrichtung 1 angesteuert. Je nach Ausführungsart der Steuereinrichtung 1 lassen sich mit einer derartigen Anordnung Bilder auf der Streuscheibe 6 in unterschiedlicher Weise erzeugen. Wenn die Steuereinrichtung 1 so ausgebildet ist, daß der Spiegel 5 den Lichtstrahl gleichmäßig über die Streuscheibe 6 rasternd und über die Steuerelektronik 2 die Intensität des Lichtstrahls 4 gesteuert wird, lassen sich Bilder rasternd darstellen, wie es beispielsweise aus der Fernsehtechnik mit Elektronenstrahlen auf dem Bildschirm einer Fernsehröhre bekannt ist.

Im Ausführungsbeispiel von **Fig. 1** wurde jedoch die Intensität des Lichtbündels 4 konstant gehalten, während eine Struktur mit Hilfe von Bewegungen des Spiegels 5 auf die Streuscheibe 6 projiziert wurde. Die Intensität des Lichtbündels wird dabei nur beim Übergang von einer zu einer anderen Struktur dunkelgetastet. Die Strukturen werden so in Form einer Vektorgrafik auf der Streuscheibe 6 abgebildet.

Zur Abbildung des auf der Streuscheibe 6 dargestellten Bildes als virtuelles Bild im Sichtbereich des Fahrers eines Fahrzeugs ist ein optisches System 8 mit einem objektseitigen Brennpunkt 7 vorgesehen, innerhalb dessen Brennweite

die Streuscheibe 6 liegt. Das aus dem optischen System 8 austretende Licht fällt anschließend auf eine Reflexionsschicht 9, so daß das erzeugte Bild virtuell bei einer Position 10 sichtbar ist. Die Reflexionsschicht 9 ist auf der Innenseite der Windschutzscheibe 11 eines Kraftfahrzeugs angeordnet. Ein Beobachter, dessen Auge 12 schematisch eingezeichnet ist, sieht dann zusätzlich zu der im Sichtbereich liegenden Gegend ein virtuelles Bild 10 hinter der Windschutzscheibe. Da die Reflexionsschicht 9 so ausgebildet ist, daß sie im wesentlichen nur bei Wellenlängen der Lichtquelle 3 reflektiert, kann der Beobachter an der Position 12 auch die Umgegend ungehindert sehen und das virtuelle Bild an Position 10 wird in diese Ansicht eingefügt.

Aufgrund des im wesentlichen parallelen Strahls der Lichtquelle 3 ist der Bereich, in der das virtuelle Bild an der Position 10 deutlich sichtbar ist, im wesentlichen durch die Streueigenschaften der Streuscheibe 6 gegeben. Diese ist bezüglich der Streuung des primären Lichtbündels 4 so ausgelegt, daß das Bild an der Position 10 nur im Bereich, der innerhalb typischer Kopfbewegungen des Fahrers liegt, optisch gut erfassbar ist. Als empfehlenswert hat sich herausgestellt, daß die Aufweitung des im wesentlichen parallelen Lichtbündels aufgrund der Streuscheibe 6 und der nachfolgenden Optik 8 maximal in einem Bereich von 30 bis 50 cm liegen sollte. Damit wird praktisch das ganze Lichtbündel 4 mit voller Intensität auf den Fahrer gerichtet. Lichtverluste aufgrund eines zu großen Winkelbereiches sind auf ein Mindestmaß reduziert. Mit einer Aufweitung des Lichtbündels kleiner gleich $\pm 7^\circ$ wurden in der Praxis gute Ergebnisse erzielt.

Wenn noch höhere Lichtintensitäten in der Nähe des Auges 12 des Fahrers benötigt werden, kann die Streuscheibe 6 auch für noch kleinere Winkeldivergenzen im Lichtbündel ausgelegt sein, jedoch empfiehlt es sich dann, die Vorrichtung positionsmäßig verstellbar auszustalten oder die Kipprichtung des Spiegels 5 über die Steuereinrichtung 1 mit einer einstellbaren Gleichspannung zu beaufschlagen, so daß der Fahrer an der Position 12 das virtuelle Bild 10 in den optimalen Kopfbereich bringen kann, damit bei unter-

schiedlichen Fahrergrößen und Sitzpositionen das virtuelle Bild immer mit optimaler Intensität sichtbar ist.

Aus den angegebenen Größen für die Aufweitung kann man auch direkt entnehmen, daß die Parallelität des Lichtbündels 4 nicht sehr kritisch ist. Deswegen kann man als Lichtquelle 3 statt eines Lasers auch eine Leuchtdiode hoher Intensität einsetzen. Da das Licht bei derartigen Bauelementen im wesentlichen an der Sperrscheibe entsteht, kann man diese im wesentlichen als punktförmige Lichtquelle betrachten, deren Ausgangslichtbündel mit Hilfe einer Linse, einem Hohlspiegel und/oder Kollimatoren in geeigneter Weise parallelisiert werden kann.

Die Auswahl eines Lasers für die Lichtquelle 3 hat aber auch noch Vorteile bezüglich der Reflexion an der Windschutzscheibe 11. Mit dem genannten Laser wurde im Ausführungsbeispiel ein linear polarisiertes Lichtbündel 4 erzeugt. Die reflektierende Schicht 9 wurde dabei als Polarisor ausgebildet, dessen lineare Polarisationsrichtung so gewählt wurde, daß das gesamte von der Streuscheibe 6 erzeugte Licht in den Bereich des Kopfes des Fahrers reflektiert wurde. Die Polarisations-eigenschaften der reflektierenden Schicht 9 haben zusätzlich zum Erzielen optimaler Lichtintensität den Vorteil, daß Reflexe auf der Windschutzscheibe ausgeschaltet werden, das virtuelle Bild also deutlicher sichtbar ist.

Wenn man allerdings zum Erzielen hoher Intensität zur Verringerung des Aufwandes auf die reflektierende Schicht 9 verzichten will, kann man auch die Vorrichtung so anordnen, daß die von dem optischen System ausgehenden Lichtbündel etwa im Brewsterwinkel auf die Windschutzscheibe 11 auftreffen. Bekanntlich ist dann die Reflexion eines polarisierten Lichtstrahls bei geeigneter Polarisationsrichtung maximal. Es wird dadurch keine Beschichtung der Windschutzscheibe benötigt.

In Fig. 1 ist die Windschutzscheibe 11 als plane Fläche gezeichnet. Dadurch wird das Bild 6 unverzerrt an der Position 10 abgebildet. Im allgemeinen sind Windschutzscheiben jedoch gebogen. Die daraus resultierende Verzerrung kann man durch die Steuereinrichtung 1 ausgleichen, indem das Bild auf der Streuscheibe 6 so verzerrt dargestellt wird, daß die Verzerrungen durch die Spiegelung in der Windschutzscheibe 11 aufgehoben werden. Dadurch kann allerdings die Auflösung in unterschiedlichen Bildbereichen des virtuellen Bildes an der Position 10 verschieden sein.

Statt dessen kann man aber auch eine flache Scheibe zwischen Windschutzscheibe 11 und Fahrer anordnen, mit der sich dieselben vorteilhaften Abbildungseigenschaften wie bei der schematisch gezeigten flachen Windschutzscheibe 11 ergeben.

Die reflektierende Schicht 9 sollte jedoch unabhängig davon, ob sie auf der Windschutzscheibe 11 oder auf einer separaten Scheibe aufgebracht ist, fahrerseitig angeordnet sein, damit Mehrfachreflexionen in der Scheibe selbst keine weiteren virtuellen Bilder erzeugen, die als äußerst störend empfunden werden könnten.

Reflektierende Schichten lassen sich als dünne Schichten, sogenannte dielektrische Spiegel, ausbilden, wie sie auch aus anderen Anwendungen der Optik bekannt sind. Bei einer Vielzahl von Wellenlängen, die durch die Schichten reflektiert werden sollen, ist es günstig, einen Verbund aus mehreren Einzelschichten aufzubringen, die auf die Wellenlänge bzw. Wellenlängen der Lichtquelle 3 abgestimmt sind.

In Fig. 2 ist ein ähnliches Ausführungsbeispiel wie in Fig. 1 gezeigt. Jedoch ist die Bilddarstellung auf der Streuscheibe 6 verschieden von diesem. Hier wird das Bild als gerasterte Matrix erzeugt, wie es vorstehend schon beschrieben wurde.

Anhand von Fig. 2 kann jedoch noch ein weiteres Aus-

führungsbeispiel erläutert werden. Wenn das Lichtbündel 4 entsprechend aufgeweitet ist, beispielsweise wenn die Lichtquelle 3 ein LED mit parallelisierender Optik ist, kann man anstelle der Streuscheibe 6 auch eine LCD-Matrix vorsehen. Insbesondere wenn das Lichtbündel 4 schon polarisiert ist, kann mit der LCD-Matrix, deren Bilddarstellung bekanntermaßen auf unterschiedlichen Polarisationsrichtungen bei Anlegen einer Spannung an verschiedenen Segmenten in der Matrix beruht, an Punkten mit der gleichen Polarisierung wie die des Lichtbündels 4 praktisch das ganze Licht durchgelassen werden.

In Fig. 3 ist ein ähnliches Beispiel wie in Fig. 1 gezeigt. Jedoch ist hier die Lichtquelle 3 durch eine Lichtquelle 13 ersetzt. Innerhalb der Lichtquelle 13 befinden sich drei Laser mit den Farben Rot, Grün und Blau. Die von den Lasern ausgehenden Lichtbündel werden durch eine Strahlkombiniereinrichtung 14 in einen einzigen parallelen Strahl 15 zusammengeführt. Die Bildzeugung erfolgt in gleicher Weise, wie es schon bei den Ausführungsbeispielen von Fig. 1 und Fig. 2 beschrieben wurde. In der Strahlkombiniereinrichtung 14 können beispielsweise dichroitische Spiegel zur Kombination der verschiedenfarbigen Lichtbündel angeordnet sein, wie es aus der Laserfernsehtechnik bekannt ist.

Im Ausführungsbeispiel von Fig. 4 wird auf ein einziges Lichtbündel 4 bzw. 14 und den ablenkenden Spiegel 5 verzichtet. Anstelle der Streuscheibe 6 wird gemäß Fig. 4 eine Laserdiodenmatrix 18 zwischen das optische System 8 und dem dazugehörigen Brennpunkt 7 angeordnet. Die Bildzeugung erfolgt dabei durch elektrische Aktivierung der einzelnen Laserdioden an entsprechenden Bildpunkten der Matrix.

Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 ist zusammen mit der integrierten Matrixanordnung im selben Bauelement eine Ansteuerelektronik 17 integriert, mit der die einzelnen Laserdioden in der Matrix bezüglich Lichtintensität angesteuert werden können.

Ein ähnliches Ausführungsbeispiel ist auch in Fig. 5 gezeigt. Statt der Laserdiodenmatrix 18 ist hier eine LED-Matrix 15 mit einer integrierten Ansteuerelektronik 16 vorgesehen. Im Ausführungsbeispiel war die LED-Matrix so ausgesucht, daß die erfundungsgemäß erforderliche Aufweitung für maximale Lichtintensität von den einzelnen LEDs der Matrix aufgrund des Aufbaus gegeben war. Prinzipiell lassen sich jedoch auch LEDs einsetzen, wenn über eine derartige LED-Matrix 15 eine Folie gelegt wird, auf der kleine, auf die LEDs passende Erhebungen als Linsen ausgebildet sind, die so dimensioniert sind, daß die Aufweitung der ausgehenden Lichtbündel zusammen mit einer Strahlprofiländerung aufgrund der Optik 8 gering genug ist, damit der wesentliche Anteil des Lichtes innerhalb des Bereichs, der durch Kopfbewegungen des Fahrers zugänglich ist, liegt.

Bei einer LED-Matrix 15 muß man auch nicht auf die Vorteile verzichten, die aufgrund von polarisiertem Licht gegeben sind, wenn man, wie in Fig. 5 gezeigt, ein Polarisationsfilter 19 im Lichtweg der von den LEDs ausgehenden Lichtbündel anordnet. Im Ausführungsbeispiel von Fig. 5 ist dieses Polarisationsfilter 19 zwischen dem optischen System 8 und der LED-Matrix 15 eingefügt.

Die LED-Matrix 15 und die Laserdiodenmatrix 18 kann man prinzipiell als Lichtquellenmatrix bezeichnen. Wie eine derartige Lichtquellenmatrix ausgestaltet sein muß, damit auch farbige Bilder möglich sind, ist in dem Ausführungsbeispiel von Fig. 6 gezeigt. Die Lichtquellenmatrix 20, die zusammen mit einer Ansteuerungselektronik 21 integriert ist, besteht dort aus verschiedenen Laserdioden oder LEDs mit unterschiedlicher Wellenlängen, die mit R, G, B, entsprechend den Bezeichnungen R, G, B für rote, grüne und blaue Bildpunkte beim Farbfernsehen bezeichnet sind. Die

LEDs sind in **Fig. 6** entsprechend ihrer Wellenlängen mit unterschiedlicher Schattierung dargestellt. Aus **Fig. 6** ist direkt eine mögliche Anordnung der verschiedenen Laserdioden oder LEDs erkennbar, mit der farbige Bilder dargestellt werden kann.

Anstelle des Spiegels 5 gemäß dem Ausführungsbeispiel in **Fig. 1** für die gemeinsame Verkippung um zwei Achsen können auch zwei unabhängige Spiegel 23 und 22 vorgesehen werden. Ein derartiges Ausführungsbeispiel ist in **Fig. 7** gezeigt. Für einen gleichmäßigen Rastern läßt sich anstelle eines der Spiegel 22 oder 23 auch ein Polygonspiegel zur Zeilenrasterung einsetzen. Polygonspiegel garantieren im allgemeinen aufgrund ihrer Trägheit ein sehr gleichmäßiges Rastern.

In **Fig. 8** ist ein weiteres Beispiel dargestellt, bei dem die reflektierende Schicht 9 nicht auf der Windschutzscheibe 11 selbst aufgebracht, sondern in diese integriert ist. Da es sich bei den genannten reflektierenden Schichten vor allem um sehr dünne Schichten handelt, gewährt ein derartiger Einbau in einem als Windschutzscheibe ausgeführten Verbundglas 11 Schutz für die in **Fig. 8** dargestellte dünne Schicht 24. Auch hier kann die Schicht 24 als dünne Schicht zur totalen Reflexion des Lichtbündels 3 ausgeführt sein. Ferner sind auch polarisationsabhängig reflektierende Schichten einsetzbar.

Die vorstehenden Beispiele zeigen deutlich auf, in welch vielfältiger Weise die Erfindung verwirklicht werden kann. Wesentliches Element ist dabei, daß mit Hilfe eines im wesentlichen parallelen Lichtbündels im Sichtbereich des Fahrers maximale Lichtintensität aufgrund der geringen Aufweitung des Lichtbündels erzeugt wird.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Darstellung eines ersten Bildes (6; 15; 18; 20) in einem zweiten Bild, das durch eine durchsichtige Scheibe (11) sichtbar ist, an der vom ersten Bild (6; 15; 18; 20) ausgehendes Licht (4, 15) reflektiert wird und die so angeordnet ist, daß das erste und das zweite Bild von einem Betrachter unter gleichem Blickwinkel erfaßbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Lichtquelle (3; 13; 15; 18; 20) für im wesentlichen paralleles Licht vorgesehen ist, mit der das vom ersten Bild (6; 15; 18; 20) ausgehende Licht im Kopfbereich des Betrachters als Lichtbündel mit geringer Aufweitung größer als die Kopfbreite und kleiner als 50 cm erzeugbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Bildfläche des ersten Bildes in Segmente unterteilt ist, die zur Emission von dem Lichtbündel geringer Aufweitung oder zur Reflexion oder Transmission des Licht von der mindestens einen Lichtquelle (3; 13; 15; 18; 20) vorgesehen sind und die zur Formierung des ersten Bildes (6; 15; 18; 20) bezüglich Emission, Transmission oder Reflexion ansteuerbar sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Segmente in Form einer Matrix (15; 18; 20) angeordnet sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Segmente für Transmission ausgelegt sind und die Matrix eine LCD-Matrix ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein oder mehrere Spiegel (5; 22, 23) vorgesehen sind, die das von der mindestens einen Lichtquelle (3, 13) erzeugte Lichtbündel geringer Aufweitung zur Formung des Bildes reflektieren.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekenn-

5

zeichnet, daß zwei Spiegel (22, 23) vorgesehen sind, mit denen das Lichtbündel in zwei Richtungen ablenkbar ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Spiegel (5; 22, 23) durch eine Ablenkeinrichtung in zwei Kipprichtungen unabhängig voneinander winkelveränderbar ist, wodurch das erste Bild (6; 15; 18; 20) als Vektorgraphik darstellbar ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine Ablenkeinrichtung, mit der das von der mindestens einen Lichtquelle ausgehende Lichtbündel in zwei Richtungen rasterbar ist, und eine Steuereinrichtung (1) vorgesehen sind, mit der die Intensität des Lichtbündels steuerbar ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8 in Kombination mit Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß einer der Spiegel (22, 23) ein mit gleichmäßiger Umlaufgeschwindigkeit rotierender Polygonspiegel ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Lichtquelle (3; 15) ein LED mit parallelisierender und/oder kollimierender Optik ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der Lichtquellen (3; 13) ein Laser ist oder diesen enthält.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser (3) eine Laserdiode ist oder als Pumpquelle enthält.
13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser (3) ein diodengepumpter Festkörperlaser ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß für den diodengepumpten Festkörperlaser Einrichtungen zur Frequenzkonversion vorgesehen sind.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß das vom ersten Bild (6; 15; 18; 20) ausgehende Licht polarisiert ist.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß zur Polarisation ein Polarisationsfilter (19) vorgesehen ist.
17. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Lichtquelle (3; 13) ein polarisierendes Licht aussender Laser ist oder diesen enthält.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (3, 13) so angeordnet ist, daß das vom ersten Bild ausgesandte Licht an der Scheibe (11) unter dem Brewsterwinkel einfällt.
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Scheibe (11) mit einer Schicht (9; 24) versehen ist, an der das erste Bild (6; 15; 18; 20) vollständig reflektierbar ist.
20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (9; 24) eine dielektrische Schicht ist oder enthält, die das erste Bild (6; 15; 18; 20) vollständig reflektiert.
21. Vorrichtung nach Anspruch 20 in Kombination mit Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (9; 24) eine polarisierte Schicht ist oder eine polarisierende Teilschicht enthält.
22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (9; 24) auf der dem zweiten Bild abgewandten Seite der Scheibe (11) aufgebracht ist.
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 22,

dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (9; 24) ein Verbund aus mehreren Einzelschichten ist.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (9; 24) so ausgelegt ist, daß sie Licht des zweiten Bildes ungehindert durchläßt. 5

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Scheibe (11) in einem Fahrzeug zwischen einer Windschutzscheibe und dem Platz eines Fahrzeugführers angeordnet ist. 10

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (13; 20) Lichtbündel dreier verschiedener Wellenlängen emittiert.

27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 26, 15 dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Scheibe (11) und dem ersten Bild ein abbildendes optisches System (8) vorgesehen ist.

28. Vorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß ein reelles Bild innerhalb der objektseitigen Brennweite des optischen Systems (8) erzeugbar ist, welches als erstes Bild (6; 15; 18; 20) an der Scheibe (11) reflektierbar ist. 20

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

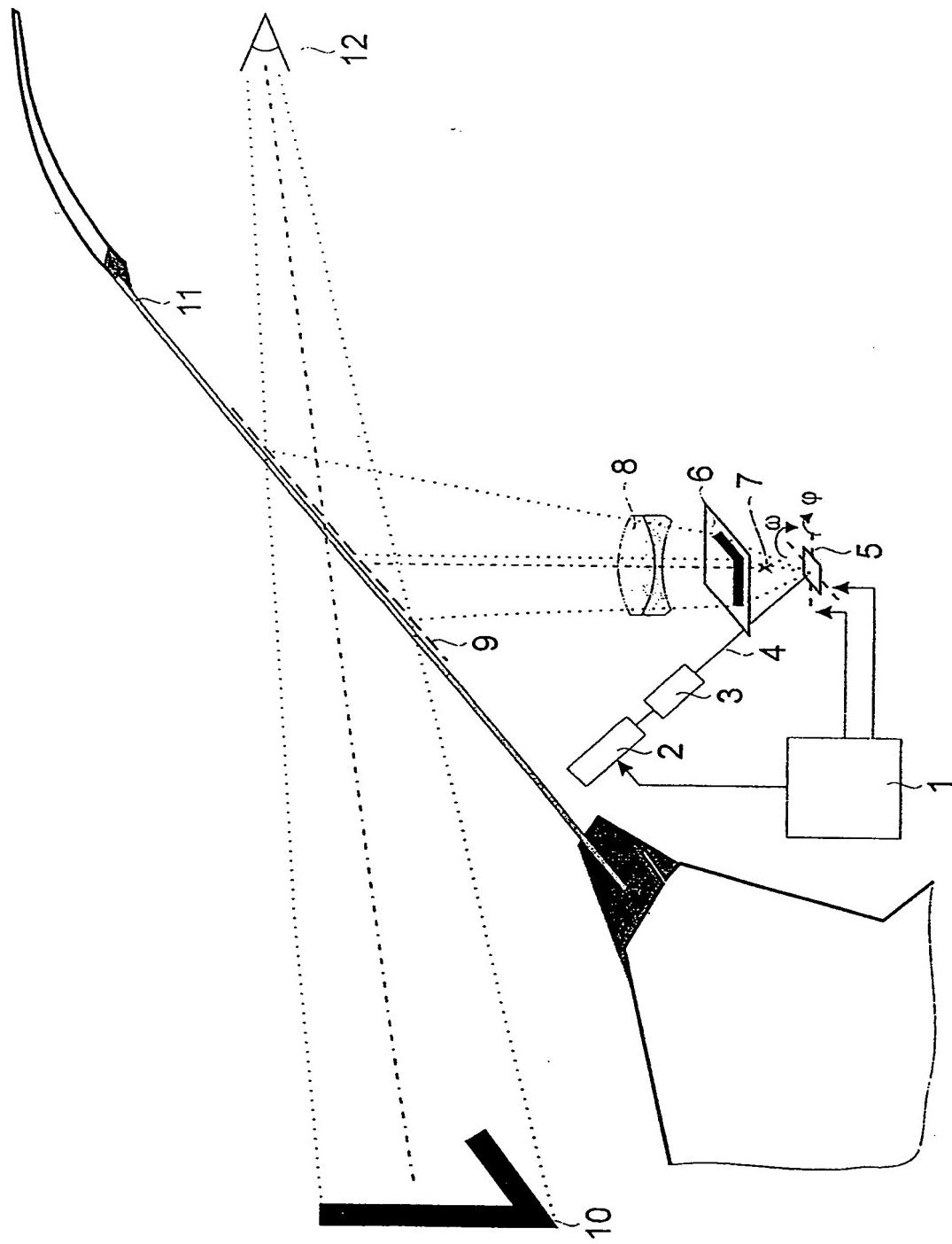
50

55

60

65

- Leerseite -

Fig. 1

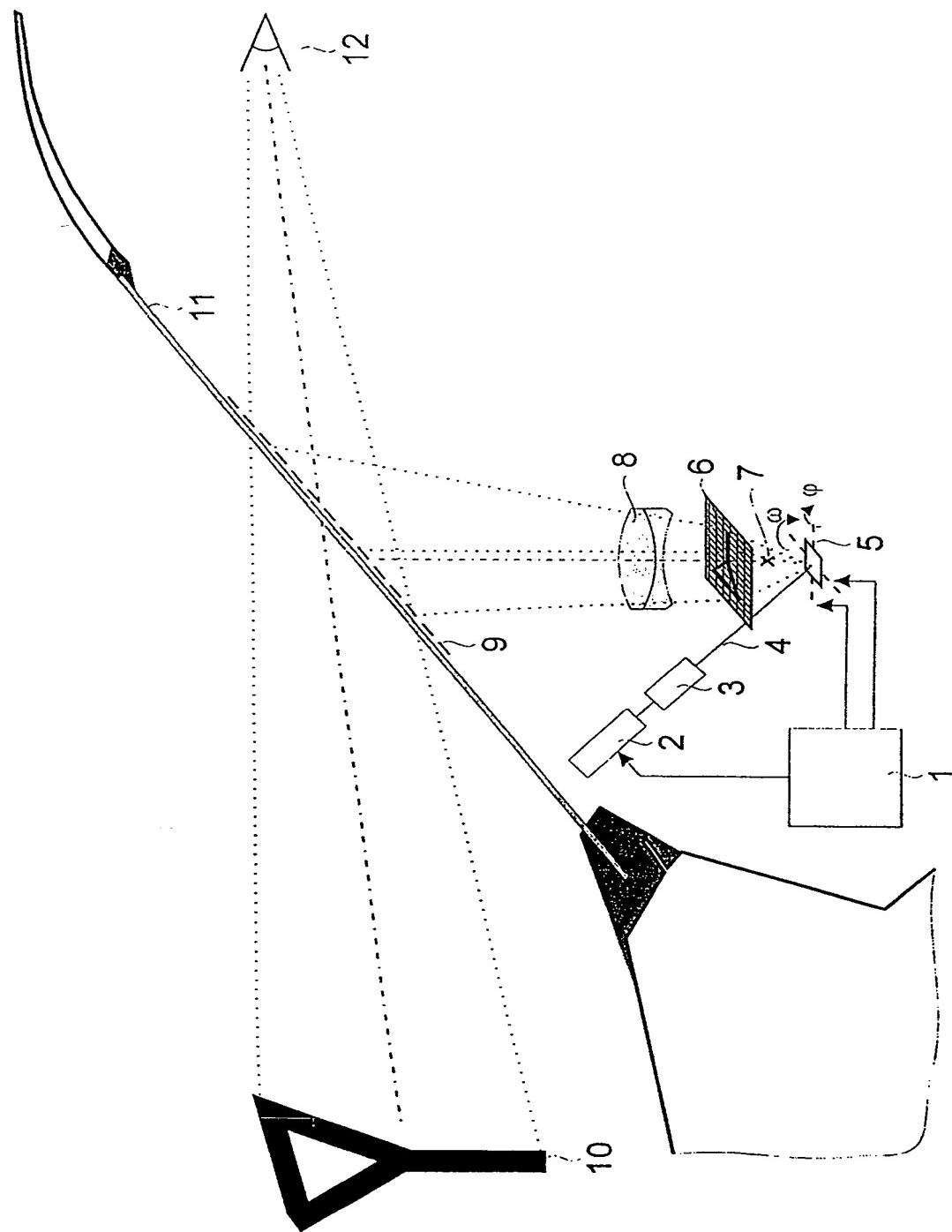


Fig. 2

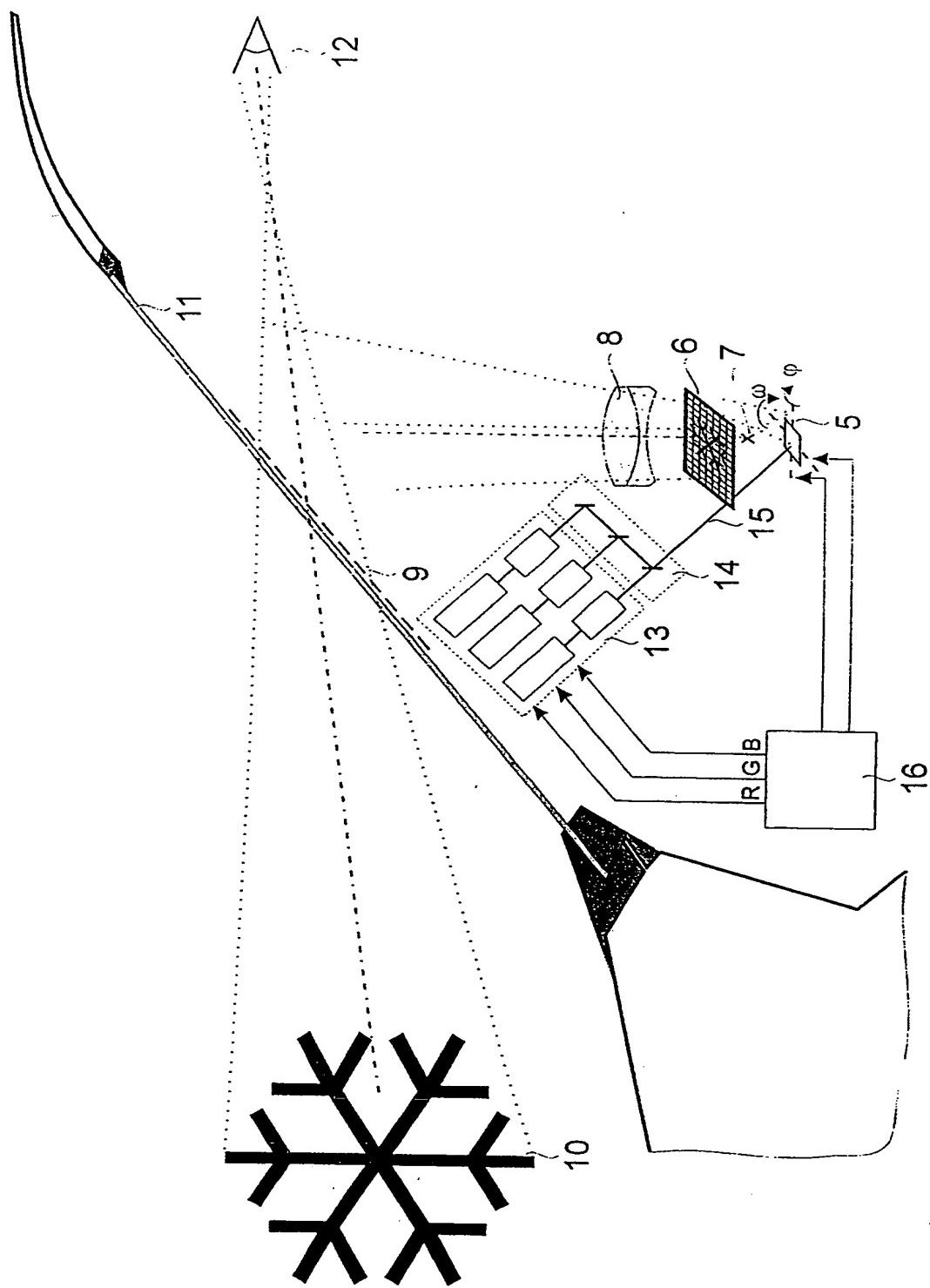
Fig. 3

Fig. 4

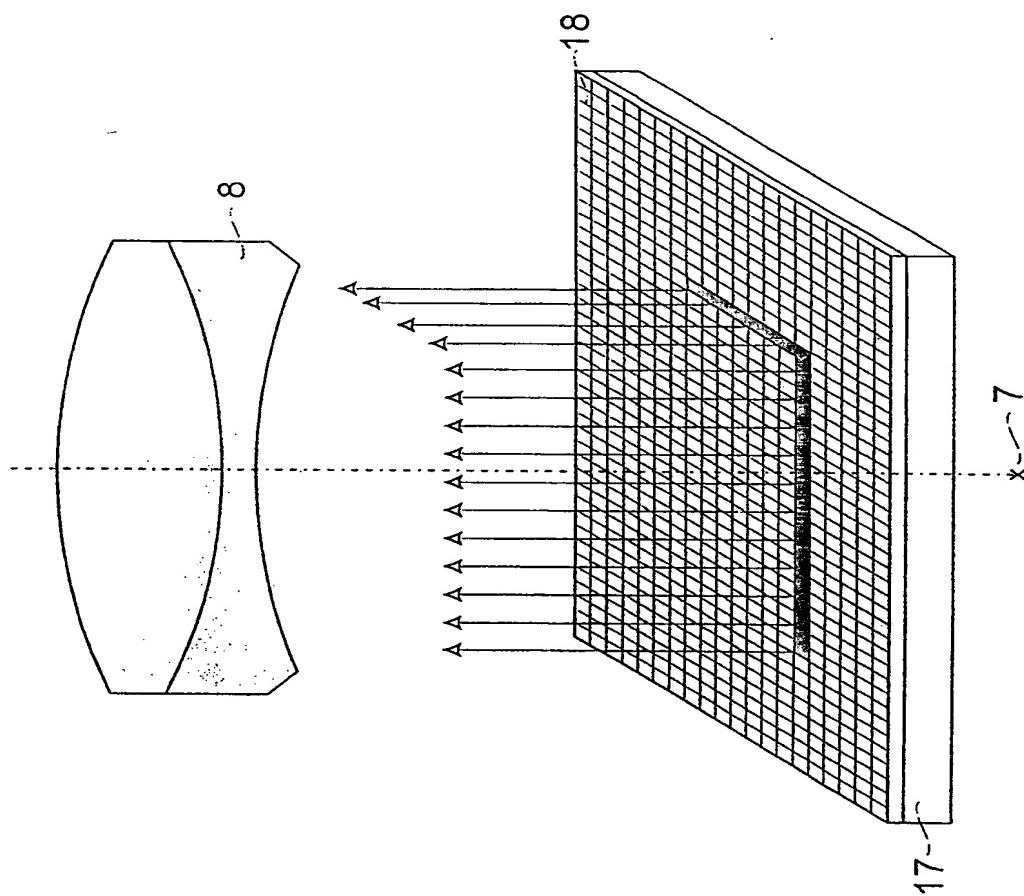


Fig. 5

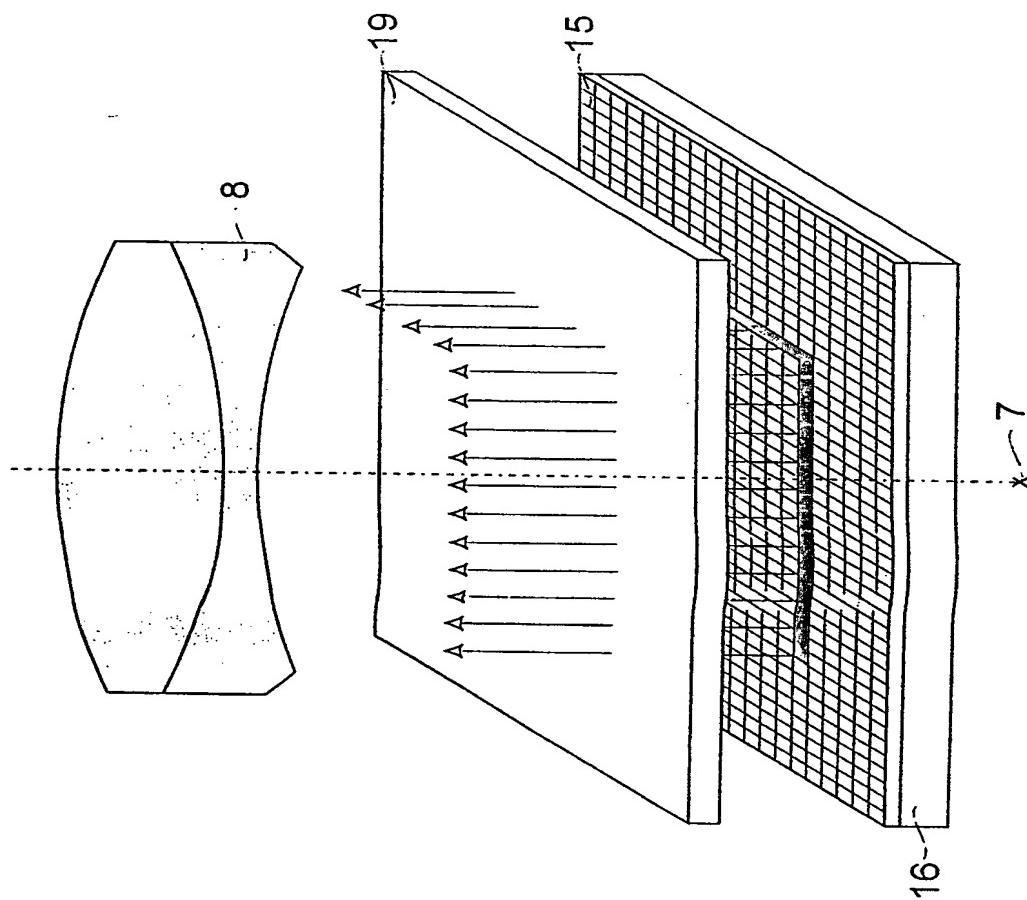


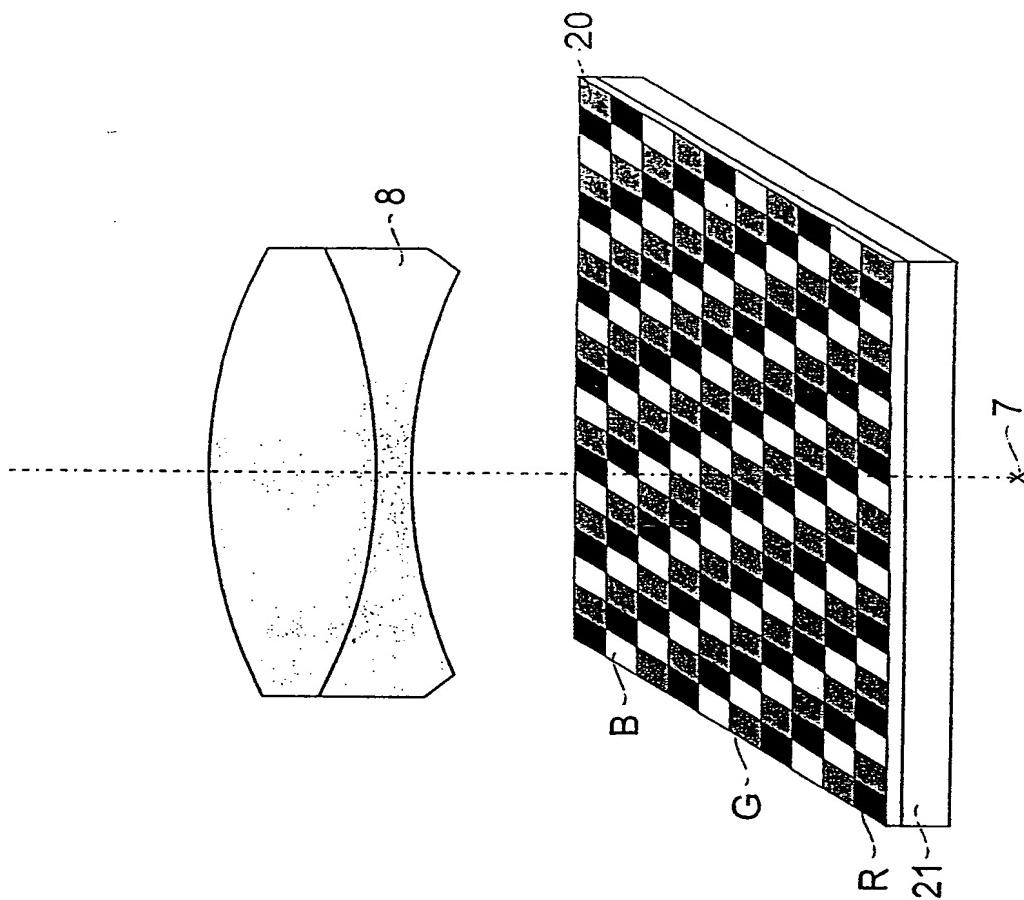
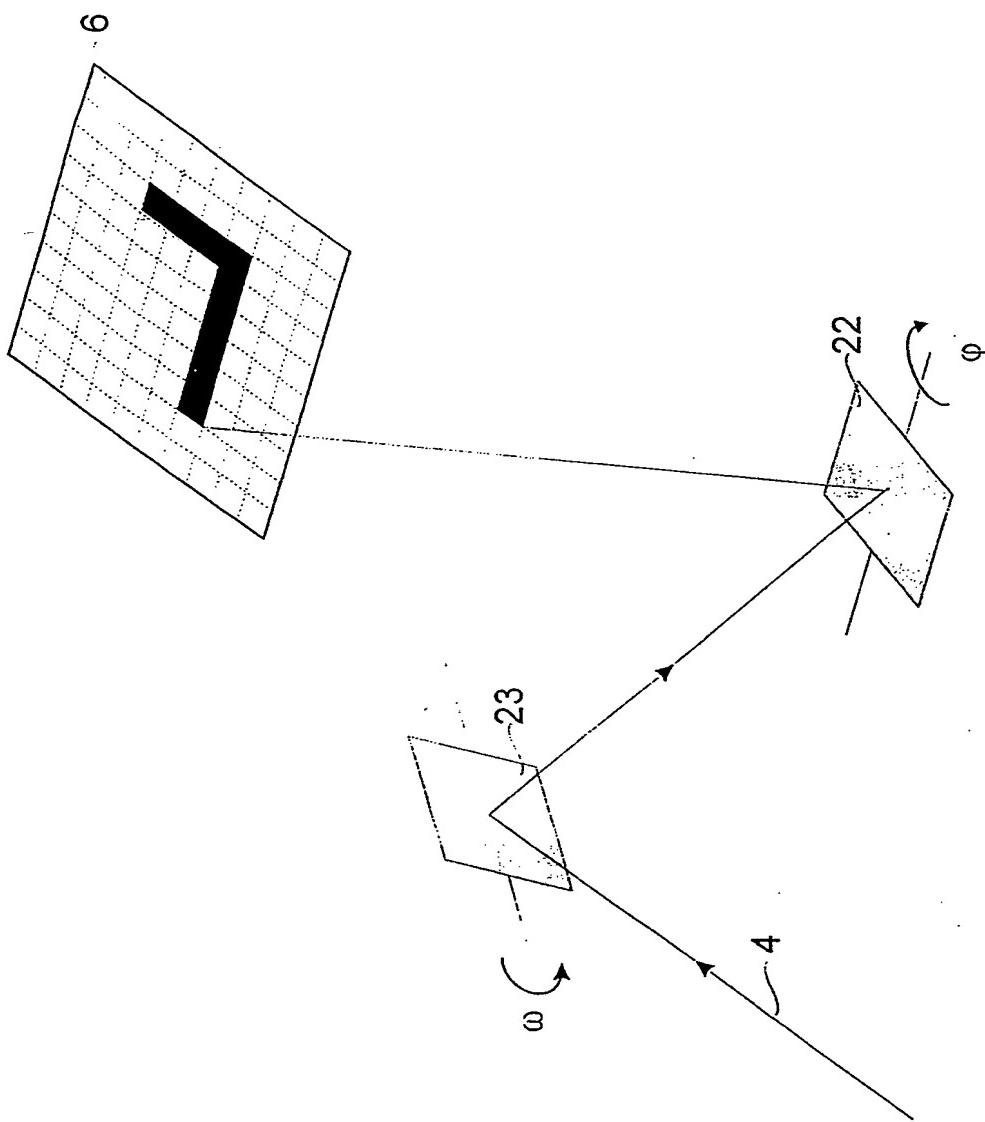
Fig. 6

Fig. 7



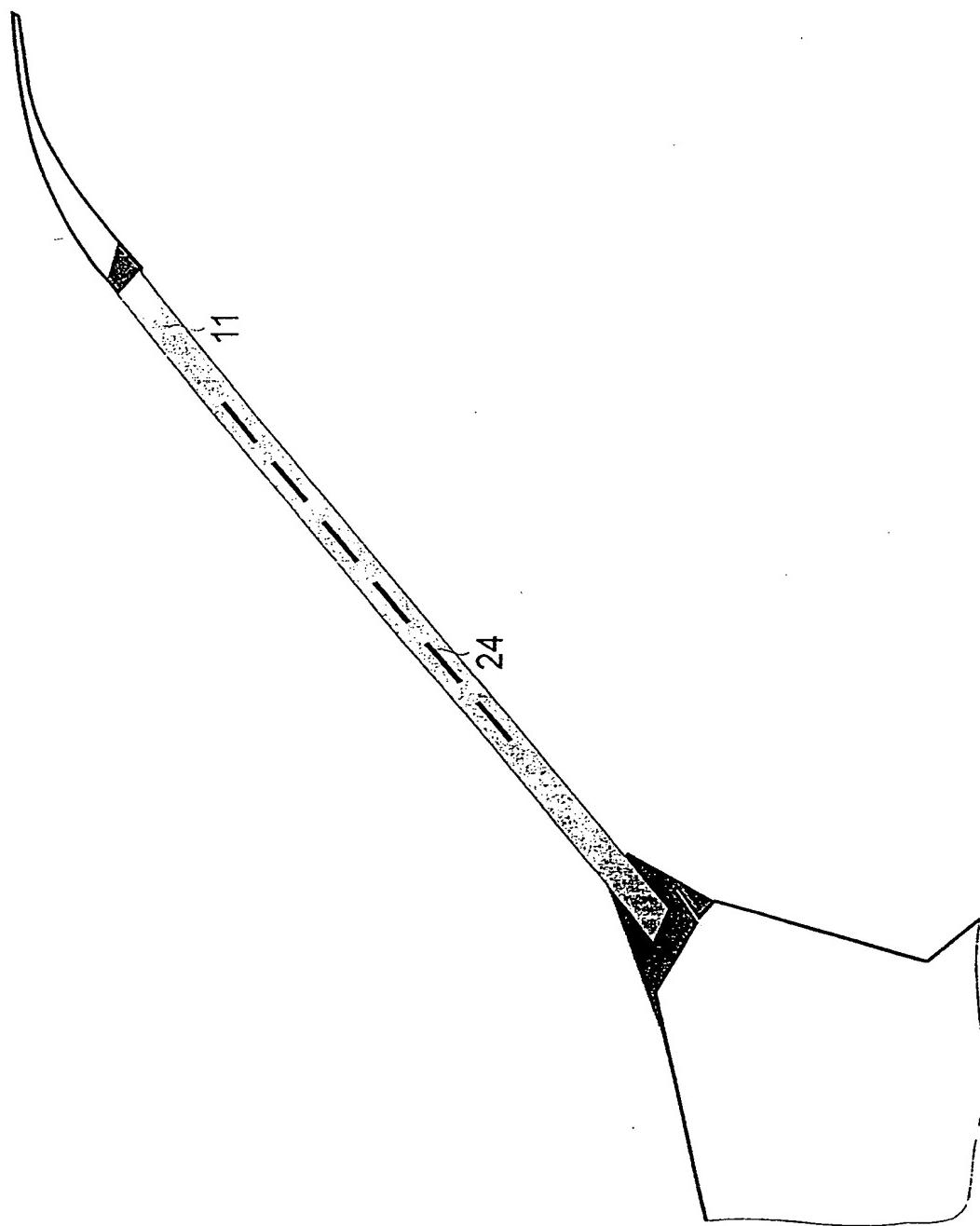


Fig. 8